



SEMINAR NASIONAL

IMPLEMENTASI TEKNOLOGI INFORMASI DALAM PENGEMBANGAN INDUSTRI PANGAN, KIMIA DAN MANUFAKTUR

Surabaya, 25 Nopember 2009

Diselenggarakan Oleh Fak Teknik Industri & LPPM UPN "Veteran" Jawa Timur

PROSES PRODUKSI BIOETANOL BERBASIS SINGKONG

Edi Muljadi, Mu'tasim Billah, dan Novel Karaman

UPN "Veteran" Jawa Timur

Alamat : Jl. Raya Rungkut Madya , Gunung Anyar Surabaya 60294

Telp./Fax. (031) 8706369/ (031) 8782179

ABSTRAK

Proses produksi bioetanol berbasis singkong dikerjakan dalam skala pilot-plan (kapasitas 50 kg pati singkong/proses). Penelitian ini dimaksudkan untuk mempelajari pengaruh dosis enzim α -Amilase yang ditambahkan pada berbagai suhu proses hidrolisis dan dosis enzim Gluko Amilase yang ditambahkan pada berbagai waktu proses sakarifikasi terhadap kadar glukosa. Reaktor hidrolisis dan sakarifikasi menggunakan Reaktor tangki berpengaduk yang dilengkapi pengendali suhu dan unit ekstraktor. Proses Hidrolisis dijalankan dengan perbandingan 1 : 4 (1 bagian pati singkong + 4 bagian Air) dan suhu dijaga 90 °C dan waktu proses 1 jam. Untuk proses Sakarifikasi kisaran suhu yang dipelajari 30-80 °C selama 1-5 jam dengan menambahkan enzim sesuai dosis yang dijalankan. Selanjutnya, larutan didinginkan sampai suhu kamar dan dilakukan proses ekstraksi untuk pemisahan padatan (cake) dan larutannya. Larutan glukose difermentasi dengan menambahkan ragi, nutrisi Urea dan NPK. Proses Fermentasi dilakukan selama 4(empat) hari pada suhu 30 °C. Produk fermentasi diistilahkan kaldu fermentasi mengandung 6-9% alkohol. Proses Pemurnian kaldu fermentasi menggunakan alat distilasi yang dilengkapi reboiler, kolom reflux dan total kondensor dengan suhu reboiler tetap 90 °C dan suhu reflux dijaga 75 °C. Hasil bioetanol dianalisis kadar alkoholnya. Hasil yang relatif baik diperoleh pada penambahan Enzim α -Amilase sebanyak 200 ppm dan Enzim Gluko Amilase sebesar 150 ppm, sakarifikasi pada suhu 60 °C selama 3 jam yang menghasilkan kadar glukosa 160 g/L. Bioetanol yang dihasilkan dari distilasi dengan satu stage reflux berkadar alkohol berkisar 85 % s/d 95 % yang dapat dimanfaatkan sebagai Energi Alternatif.

Kata Kunci : Bio Etanol, Energi Alternatif, Singkong, Hidrolisis.

PENDAHULUAN

Pasokan bahan bakar yang berasal dari minyak bumi semakin terbatas, dan permintaan akan BBM terus meningkat. Kondisi ini memaksa dilakukannya pencarian energi alternatif yang dapat mengurangi beban suplai energi *unrenewable*. Untuk itu perlu dikembangkan bahan bakar alternatif dengan memanfaatkan sumber bahan baku yang ada dan banyak terdapat di Indonesia. Bahan bakar alternatif yang memungkinkan adalah etanol, tetapi pemanfaatannya masih sangat kecil. Hal ini disebabkan harga energi terbarukan belum kompetitif bila dibandingkan dengan energi fosil. Penerapan kebijaksanaan subsidi harga energi yang selama ini diberlakukan menyebabkan pemakaian energi di semua sektor relatif tidak efisien. Bahan baku untuk produksi bioetanol bisa didapatkan dari berbagai tanaman, baik yang secara langsung menghasilkan gula atau yang menghasilkan pati. Dalam penelitian ini proses produksi bioetanol, menggunakan singkong sebagai bahan baku dengan mencari formula penggunaan enzim dan ragi yang efektif. Selain itu juga penetapan kondisi operasi distilasi yang optimum. Dengan begitu proses pemurnian mengacu pada proses hemat energi. Kendatipun demikian penelitian ini tetap berpijak pada teknologi "**kesederhanaan**" proses yang mampu diadopsi oleh masyarakat di pedesaan.

Etanol adalah alkohol rantai pendek dengan nama etyl alkohol, (C_2H_5OH), dalam perdagangan disebut alkohol. Penggunaan etanol atau alkohol sangat luas dalam berbagai bidang industri, seperti minuman, farmasi sampai kepada otomotif yaitu penggunaannya sebagai bahan bakar pengganti bensin. Etanol yang mempunyai grade 85 - 95 % vol, biasanya digunakan pada industri, sedangkan etanol yang mempunyai kadar 96 - 99,5 % umumnya digunakan sebagai campuran untuk minuman (bebas metanol) dan bahan dasar industri farmasi. Etanol yang dimanfaatkan untuk campuran bahan bakar kendaraan bermotor harus betul-betul kering dan anhydrous supaya tidak korosif, sehingga etanol harus berkadar >99% vol. Dengan adanya krisis energi, peran etanol sebagai sumber bioenergi menjadi lebih meningkat. Etanol yang berkadar 50-80% dapat dipakai sebagai bahan bakar pengganti minyak tanah (mitanol). Dengan begitu terselip harapan, semoga bioetanol dapat menjadi bahan bakar alternatif yang lebih murah dan ada kepastian untuk mudah didapat. Bioethanol sangat menarik untuk dikembangkan, karena bahan bakunya sangat mudah didapat dan masyarakat pun sudah akrab dengan



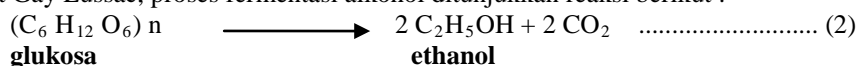
**SEMINAR NASIONAL
IMPLEMENTASI TEKNOLOGI INFORMASI DALAM PENGEMBANGAN
INDUSTRI PANGAN, KIMIA DAN MANUFAKTUR
Surabaya, 25 Nopember 2009
Diselenggarakan Oleh Fak Teknik Industri & LPPM UPN “Veteran” Jawa Timur**

sumber bahan bakunya terutama singkong. Berkenaan dengan itu, penting untuk dikaji “**Optimasi Proses Produksi Bioetanol berbasis Singkong sebagai Energi Alternatif dalam Skala TTG**” sebagai langkah untuk mengurangi masalah krisis energi.

Salah satu jenis umbi-umbian yang telah lama dikenal dan dibudi-dayakan adalah singkong yang juga dikenal sebagai ketela pohon (*Cassava*). Singkong merupakan sumber energi yang kaya karbohidrat namun sangat miskin protein. Dengan melalui proses hidrolisis pati, yaitu proses dekomposisi kimia molekul amilum menjadi bagian-bagian penyusunnya yang lebih sederhana seperti dekstrin, isomaltosa, maltosa dan glukosa dengan menggunakan air. Proses pembuatan glukosa dari pati pada umumnya menggunakan hidrolisis enzim. Walaupun Jenis Hidrolisis ada 5 macam, yaitu hidrolisis murni (hanya dengan H₂O); hidrolisis asam (menggunakan asam kuat sebagai katalis); hidrolisis basa (dengan katalisator basa); hidrolisis fusi (dilakukan dengan atau tanpa H₂O pada suhu tinggi); hidrolisis enzim (menggunakan katalis enzim, sehingga mencegah reaksi samping). Kelebihan lain hidrolisis enzim adalah (1) dapat meningkatkan produk; (2) bekerja pada pH netral dan suhu rendah; dan (3) bersifat spesifik dan selektif terhadap substrat. Enzim yang banyak digunakan misalnya, amilase, glukosa-isomerase, papain, bromelin, lipase, dan protease. Enzim dapat diisolasi dari hewan, tumbuhan dan mikroorganisme (Crueger *et al*, 1982). Reaksi pembentukan bio-ethanol ditunjukkan pada reaksi (1) dan (2).



Menurut Gay Lussac, proses fermentasi alkohol ditunjukkan reaksi berikut :



Proses fermentasi alkohol terjadi pada kondisi an-aerob dengan menggunakan *Saccharomyces* yang mengubah glukosa menjadi ethanol dan CO₂. Tahapan proses produksi bio-ethanol dari pati, yaitu gelatinasi, sakarifikasi, dan fermentasi.

Proses Gelatinasi, dilakukan terhadap bahan baku pati (singkong), yaitu bahan dihancurkan dan dicampur air. Slurry diperkirakan mengandung pati 30% dipanaskan sehingga berbentuk gel. Proses gelatinasi tersebut dapat dilakukan dengan cara, bubur pati dipanaskan sampai 110 °C selama 30 menit, kemudian didinginkan sampai mencapai temperature 90 °C tambah enzim alfa amylase. Suhu 90 °C dipertahankan selama 1jam.

Proses sakarifikasi, dilakukan terhadap hasil gelatinasi yang didinginkan sampai mencapai 60 °C, kemudian ditambah enzim glukosa amilase waktu proses 3 jam

Proses fermentasi dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi alkohol dengan menggunakan yeast. Bioetanol yang diperoleh dari proses fermentasi ini, berkadar 6-10% (disebut kaldu fermentasi).

Proses distilasi, dimaksudkan untuk memurnikan bioetanol hasil fermentasi yang mempunyai kemurnian sekitar 6 – 10 % menjadi >90% alkohol.

Tujuan Penelitian, adalah mengkaji proses produksi *Bioetanol berbasis singkong* dalam skala TTG (teknologi Tepat Guna) dengan mempelajari pengaruh variabel proses yaitu dosis enzim α – Amilase pada proses hidrolisis dan glukosa amilase pada proses sakarifikasi terhadap Kadar glukosa. **Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar penentuan parameter Proses Produksi Bio Etanol** yang akan dipergunakan sebagai acuan untuk perancangan operasi kontinyu (sinambung) dan skala industri *Bio Etanol berbasis singkong*.

BAHAN DAN METODE



SEMINAR NASIONAL
IMPLEMENTASI TEKNOLOGI INFORMASI DALAM PENGEMBANGAN
INDUSTRI PANGAN, KIMIA DAN MANUFAKTUR
Surabaya, 25 Nopember 2009
Diselenggarakan Oleh Fak Teknik Industri & LPPM UPN "Veteran" Jawa Timur

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah ketela pohon yang didapatkan dari pasar Sopotonyono dan pasar paing Surabaya. Enzym α – Amilase dan enzym glukamilase dibantu oleh PT. SORINI. Ragi (yeast) yang dipakai berasal dari bantuan APBI (Asosiasi Pengusaha Bioetanol Indonesia).

Variabel penelitian yang dilakukan adalah penambahan dosis enzym α – Amilase (mL), yaitu : (2), (4), (6), (8), (10) pada proses hidrolisis. Proses sakarifikasi divariasikan penambahan Gluko Amilase (mL), yaitu : (2), (3), (4), (5), (6). Waktu proses fermentasi selama 72, 96, 108, 120, 132, dan 144 (jam). Seluruh percobaan dikerjakan dengan berat ketela pohon 20kg; Perbandingan berat parutan ketela pohon dengan Air sebesar 1 : 2 (1 bagian ketela pohon + 2 bagian Air) ; proses hidrolisis berlangsung pada 90 °C selama 1 jam ; suhu dan waktu proses sakarifikasi adalah 60 °C dan 3 jam.

Peralatan pembuatan Bio etanol berbahan baku singkong Rancang bangunnya didukung oleh PT REAM (Rekayasa Energi Alternatif Mandiri) dan LPPM UPN "Veteran" Jatim,. ditunjukkan dalam tabel 2.

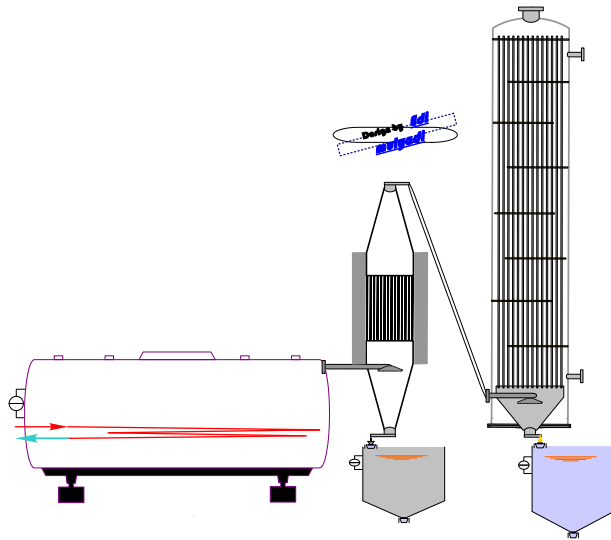
Tabel 2. Rincian Peralatan Proses Produksi Bioetanol

No	Uraian	Spesifikasi
1	Parutan Ubi Kayu	100 kg/jam
2	Tangki Sakarifikator	120 L
3	Tangki hidrolisis	120 L
4	Penyaring/sparator	D: 38, T:120;100 mesh
5	Fermentor	250 liter
6	Press hidrolik	Max .60 ton
7	Refluk	11X150 cm SS-304
8	Kondensor	multitube,12;90
9	Reboiler/evaporator	P 60cm T:40cm;L 100cm
10	Tangki air pendingin	150 liter
11	Pompa sirkulasi	Submersible
12	Kompor LPG, regulator	Burner
13	Motor pengaduk	½ pk
14	Panel pengendali	Termokontrol, timer,presure control

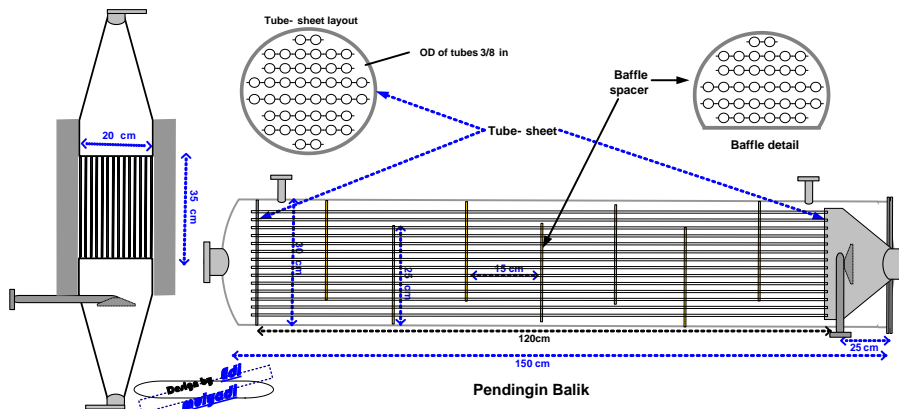
Alat proses produksi bioetanol dijalankan secara semi otomatis dan semua peralatan dirancang dan dirakit sendiri. Gambar 1. unit distilasi kaldu fermentasi dan gambar 2. detail reflux dan multi tube kondensor



SEMINAR NASIONAL
IMPLEMENTASI TEKNOLOGI INFORMASI DALAM PENGEMBANGAN
INDUSTRI PANGAN, KIMIA DAN MANUFAKTUR
Surabaya, 25 Nopember 2009
Diselenggarakan Oleh Fak Teknik Industri & LPPM UPN “Veteran” Jawa Timur

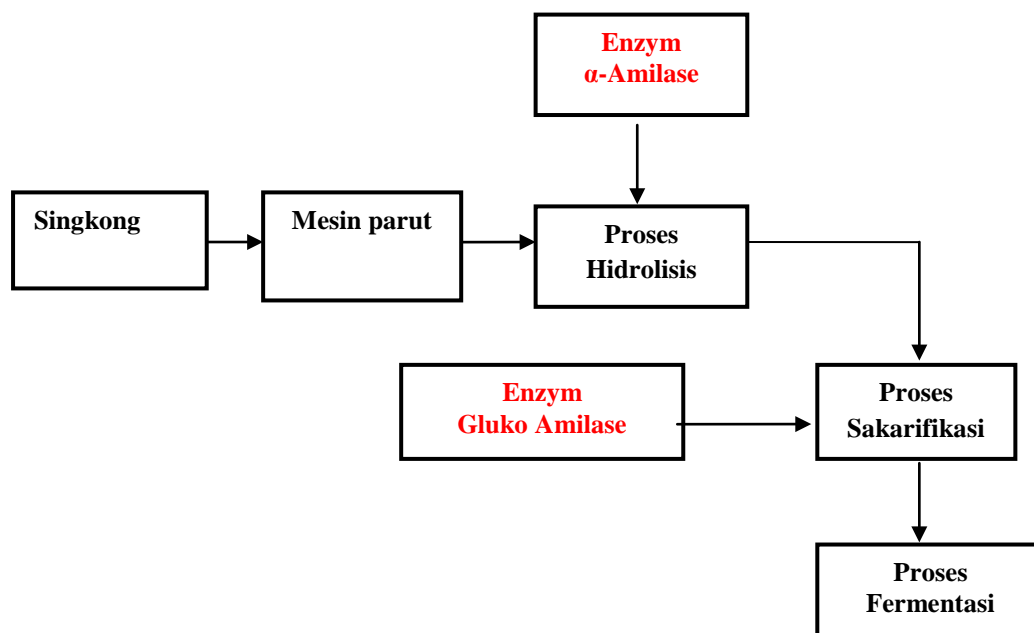


Gambar 1. Rangkaian Unit distilasi



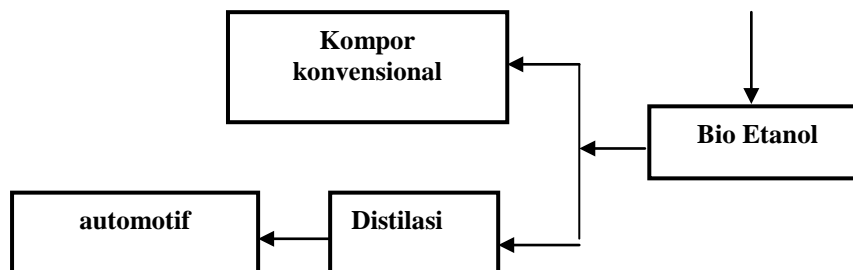
Gambar 2. Detail Desain Reflux dan Multitube Kondensor

Diagram pengolahan, diterangkan dalam gambar 3.





SEMINAR NASIONAL
IMPLEMENTASI TEKNOLOGI INFORMASI DALAM PENGEMBANGAN
INDUSTRI PANGAN, KIMIA DAN MANUFAKTUR
Surabaya, 25 Nopember 2009
Diselenggarakan Oleh Fak Teknik Industri & LPPM UPN “Veteran” Jawa Timur



Gambar 3. Diagram Pengolahan Ketela Pohon untuk Energi Alternatif

Prosedur penelitian, singkong dikupas kulitnya, dibersihkan kemudian diparut dengan mesin pamarut. Hasil parutan diperas untuk memperoleh sari patinya. Bubur pati dipanaskan sampai 105 °C. Apabila larutan sudah mulai mengental tambahkan sejumlah Enzym α – Amilase sesuai dosis yang dijalankan, dan suhu dijaga 90 °C selama 1 jam lalu didinginkan sampai mencapai temperatur 60 °C. Tambahkan enzym Gluko Amilase sesuai dosis yang divariasikan dan temperatur 60 °C tersebut dipertahankan selama sekitar 3 jam. Hasil yang telah diperoleh dilanjutkan dengan proses fermentasi dengan menambahkan ragi, dan nutrisi (urea dan NPK). Proses ini dilakukan dalam fermentor dan berlangsung selama kurang lebih 4 hari. Selama fermentasi berlangsung suhu akan naik dan diikuti pengelembungan gas CO₂. Fermentasi selesai ditandai dengan menurunnya suhu hingga suhu sekeliling. Bioetanol hasil fermentasi (kaldu fermentasi) ini mempunyai kadar alkohol 6 – 10 %. Selanjutnya, Kaldu Fermentasi dimurnikan menggunakan alat distilasi dan hasil proses pemurnian dianalisis Kadar Alkoholnya.

Proses pembuatan Bio etanol dari Ketela pohon yang berpijak kepada **”kesederhanaan”** proses produksi yang mampu diadopsi oleh masyarakat di pedesaan, dapat dikemukakan seperti dalam diagram berikut :

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada percobaan pendahuluan dilakukan uji karakteristik peralatan dan kalibrasi alat ukur (termokontrol, flow-kontrol dan pressure-kontrol). Berdasar pada analisis bahan baku, pati singkong yang digunakan dalam penelitian ini memiliki komposisi karbohidrat 88,1%; lemak 0,6%; protein 1,4%; kadar abu 2,5%; dan air 7,4%. Hasil hidrolisis dianalisis kadar glukosanya dengan menggunakan spektrofotometer. Hasil-hasil percobaan pengaruh waktu sakarifikasi pada berbagai suhu terhadap konsentrasi produk glukosa ditunjukkan dalam tabel 3. Pada variasi itu penelitian dilakukan pada dosis α -Amilase 200 ppm dan gluko-Amilase 150 ppm. Dari data-data yang tersaji pada tabel 3,

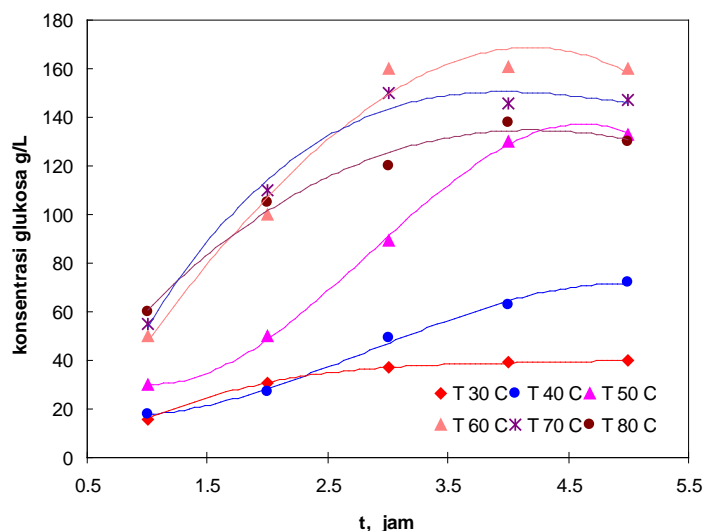
Tabel 3. Pengaruh Waktu dan Suhu Terhadap kadar glukose (g/L)
(dosis α -Amilase = 200 ppm; gluko amylase 150 ppm, kadar pati 250 g/L)

Waktu (t), (jam)	Suhu (T) ,(°C)					
	30	40	50	60	70	80
1	16,2	17,9	30,2	51,1	54,1	59,3
2	30,8	27,4	50,3	99,3	110,3	103,6
3	37,1	48,8	90,2	160,1	150,6	124,2
4	38,9	62,9	129,4	160,8	146,7	138,5
5	39,7	72,2	132,7	161,5	147,6	138,3



SEMINAR NASIONAL
IMPLEMENTASI TEKNOLOGI INFORMASI DALAM PENGEMBANGAN
INDUSTRI PANGAN, KIMIA DAN MANUFAKTUR
Surabaya, 25 Nopember 2009
Diselenggarakan Oleh Fak Teknik Industri & LPPM UPN “Veteran” Jawa Timur

terlihat bahwa konversi pati menjadi glukosa sangat dipengaruhi oleh waktu sakarifikasi. Semakin lama waktu proses, maka kesempatan pati melakukan dekomposisi lebih panjang, sehingga kadar glukosa naik. Tetapi kenaikan itu sudah tidak begitu nyata setelah waktu sakarifikasi mencapai 3 jam. Begitu juga pada variasi suhu, semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin besar pula kadar glukosa yang diperoleh. Tetapi perubahan sudah tidak begitu nyata jika suhu telah mencapai 60°C, dan kadar glukosa mulai konstan setelah mencapai waktu diatas 4 jam.



Gambar 4. hubungan konsentrasi glucose dengan waktu dan suhu

Temperatur hidrolisis berhubungan dengan laju reaksi. Semakin tinggi temperatur hidrolisis, maka hidrolisis akan berlangsung lebih cepat. Hal ini disebabkan konstanta laju reaksi meningkat dengan meningkatnya temperatur operasi. Penambahan waktu reaksi, makin besar konversi yang dicapai. Perbandingan pelarut terhadap bahan baku terbaik (Mulyadi dan Heru, 2007) adalah 1:4 (1 bagian pati singkong + 4 bagian Air) karena pati dapat sempurna terlarut. Perbandingan yang terlalu besar akan menimbulkan pemborosan penggunaan energi, sedangkan perbandingan yang terlalu kecil dapat menyebabkan pengendapan pati. Berdasarkan persamaan Arrhenius pencampuran yang sempurna dapat memperbesar faktor frekuensi tumbukan dan meningkatkan konstanta laju reaksi. Pengadukan larutan sangat penting dalam proses hidrolisis karena akan meningkatkan difusi sehingga meningkatkan transfer material dari permukaan partikel ke *bulk solution*. Konversi singkong menjadi bio-ethanol dengan berbagai pola pengolahan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Konversi singkong menjadi Bio-Ethanol

Jenis	Basis casava (kg)	Glukose (kg)	Bioetanol (liter)
Casava tanpa pemisahan cake	100	26	16
Casava dengan pemisahan cake	100	26	17
Casava tanpa ongkoknya	100	23	14

Pada tabel 5 dan yang terlukis dalam gambar 5. menjelaskan bahawa semakin lama waktu sakarifikasi kadar glukosa semakin naik. Kenaikan itu nampak nyata sampai dengan dosis enzim glukosa 150 ppm. Dari grafik 5. terlihat bahwa pada waktu sakarifikasi lebih dari 3 jam dan dosis diatas 150 ppm kenaikan kadar glukosa sudah tidak begitu nyata. Dengan demikian menunjukkan bahwa kemampuan mikroorganisme dalam

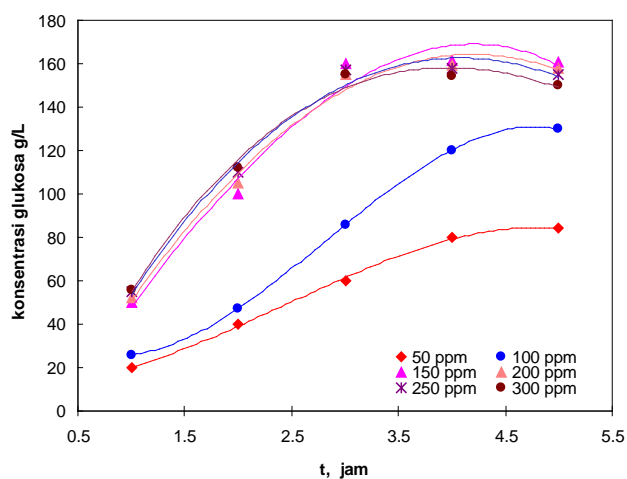


SEMINAR NASIONAL
IMPLEMENTASI TEKNOLOGI INFORMASI DALAM PENGEMBANGAN
INDUSTRI PANGAN, KIMIA DAN MANUFAKTUR
Surabaya, 25 Nopember 2009
Diselenggarakan Oleh Fak Teknik Industri & LPPM UPN “Veteran” Jawa Timur

mengkonversi pati menjadi glukosa sudah tidak efektif. Oleh karenanya waktu yang terbaik adalah 3 jam dosis glukosa amilase 150 ppm dan suhu sakarifikasi 60 °C.

Tabel 5. Pengaruh Waktu dan dosis enzim glukosa amilase Terhadap kadar glukosa (g/L)
(dosis α -Amilase = 200 ppm; suhu 60 °C, kadar pati 250 g/L)

Waktu (t), (jam)	Glukosa amilase, ppm					
	50	100	150	200	250	300
1	20,5	26,2	51,1	52,1	55,3	56,3
2	41,3	47,4	99,3	105,3	110,2	112,2
3	62,2	86,3	160,1	155,5	157,4	155,4
4	79,0	120,9	160,8	159,0	158,5	154,9
5	84,1	130,1	161,5	158,4	155,8	153,1



Gambar 5. hubungan konsentrasi glucose dengan waktu dan dosis enzim

Pembandingan karakteristik bioetanol dari singkong dengan etanol sintetis p.a dijelaskan pada tabel 6. dengan nilai kalor yang relative sama.

Tabel 6. Perbandingan Etanol Murni dengan bioetanol dari singkong

Property	Etanol sintesis	Bio-etanol	Satuan
Kadar (%)	99,4	93	%
Densitas (ρ)	0,772	0,802	gr/cc
Nilai Kalori (HV)	6380	6066	Kcal/kg
Flash Point	12	16	°C
Viscositas (μ)	1,523	2,07	cSt

Kesimpulan



**SEMINAR NASIONAL
IMPLEMENTASI TEKNOLOGI INFORMASI DALAM PENGEMBANGAN
INDUSTRI PANGAN, KIMIA DAN MANUFAKTUR
Surabaya, 25 Nopember 2009
Diselenggarakan Oleh Fak Teknik Industri & LPPM UPN “Veteran” Jawa Timur**

1. Konversi pati menjadi glukosa yang optimum terjadi pada waktu hidrolisis 1 jam suhu 90 °C, dosis α -Amilase 200 ppm, konsentrasi pati singkong ¼ kg/liter, dengan waktu sakarifikasi 3 jam, suhu 60 °C, dosis enzim gluko amilase 150 ppm konsentrasi glukosa maksimum diperoleh 160 g/L.
2. Dengan skala TTG Bio-ethanol dapat diproduksi secara komersial.
3. Semua tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, melalui proses konversi pati menjadi gula (glukosa) dan dilanjutkan proses fermentasi gula menjadi bio-ethanol.
4. Keekonomian pemanfaatan bio-ethanol sumber energi alternatif ditentukan oleh harga bahan baku.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2005, "Kajian Lengkap Prospek Pemanfaatan Biodiesel Dan Bioethanol Pada Sektor Transportasi Di Indonesia", Prospek Pengembangan Bio-fuel sebagai Substitusi Bahan Bakar Minyak.
- Anonim, 2006, "Kelayakan Tekno-Ekonomi Bio-Ethanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbaru" Balai Besar Teknologi Pati, Jakarta.
- Chalifah A. 2007. Mengubah singkong menjadi bioetanol : Sebuah Upaya Meningkatkan Nilai Tambah Singkong di Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta.
- Crueger, W. and Crueger. 1982. Biotechnology; A Text Book on Industrial. Translae by T. DBook. Science Tech Inc. Toronto.
- Mulyadi, E dan Heru,D, 2007, "Rancang Bangun Pabrik Bio fuel kapasitas 2 ton/hari". Laporan Proyek Rancang Bangun Pabrik biofuel di Parning- Mojokerto
- Martono, Budi dan Sasongko. 2005. *Prospek Pengembangan Ubi Kayu sebagai Bahan Baku Bioetanol di Provinsi DIY*. <http://202.169.224.75/detail.php?>
- Purwati, Ani. 2006. *Singkong Berpotensi Jadi Bahan Baku Energi*. <http://www.beritabumi.or.id/>